

UMA PROPOSTA DE TÉCNICA DE MODELAGEM CONCEITUAL PARA A SIMULAÇÃO ATRAVÉS DE ELEMENTOS DO IDEF

Fabiano Leal

Universidade Estadual Paulista - UNESP
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333, CEP: 12.516-410 – Guaratinguetá, SP.
fleal@unifei.edu.br

Dagoberto Alves de Almeida

Universidade Federal de Itajubá
Caixa Postal 50, CEP: 37500-903, Itajubá, MG
dagoberto@unifei.edu.br

José Arnaldo Barra Montevechi

Universidade Federal de Itajubá
Caixa Postal 50, CEP: 37500-903, Itajubá, MG
montevechi@unifei.edu.br

RESUMO

Diversas técnicas de modelagem de processos são utilizadas dentro do contexto do BPM (*Business Process Modeling*). Porém, poucas fornecem suporte específico a projetos de simulação. Destacando a importância do modelo conceitual em projetos de simulação, este artigo propõe uma técnica de modelagem conceitual, denominada de IDEF-SIM. Esta proposta utiliza e adapta elementos lógicos das técnicas de modelagem IDEF0 e IDEF3, permitindo a elaboração de modelos conceituais com informações úteis ao modelo computacional. Além desta utilização, a técnica permite uma documentação de modelos computacionais, facilitando o entendimento do projeto. Para ilustrar a aplicação da técnica, foi utilizado um sistema de serviço para documentação do modelo computacional e dois sistemas de manufatura, para a elaboração do modelo conceitual. O artigo destaca a conversão do modelo conceitual ao modelo computacional, através do uso dos elementos lógicos utilizados na técnica IDEF-SIM.

PALAVRAS CHAVE: Simulação, Modelo conceitual, IDEF-SIM.

Área principal: SIM - Simulação

A PROPOSAL OF CONCEPTUAL MODELING TECHNIQUE TO SIMULATION THROUGH IDEF ELEMENTS

ABSTRACT

Several process modeling techniques are used in the Business Process Modeling (BPM) context. However, a few of them provide specific support to simulation projects. This work highlights the importance of conceptual model in simulations project, and proposes a conceptual modeling technique, denominated IDEF-SIM. This proposal technique uses and adapts logical elements of modeling techniques IDEF0 and IDEF3. The IDEF-SIM allows the construction of conceptual models with useful information to the computational model. Besides this use, this technique allows computational models documentation, with the purpose of to facilitate the project understanding. To illustrate this technique application, this work models one service system to computational model documentation and two manufacturing systems to conceptual model. This article presents aspects of process translation the conceptual model into a computer model, through the use of IDEF-SIM logical elements.

KEYWORDS: Simulation, Conceptual model, IDEF-SIM.

Main area: SIM - Simulation

1. Introdução

Na fase inicial de um projeto de simulação, o sistema a ser simulado é analisado pelo modelador. As informações coletadas pelo modelador estão de forma abstrata em sua mente, e devem ser registradas na forma de um modelo, chamado de conceitual.

Segundo definição de Brooks e Robinson (2001), o modelo conceitual é uma descrição do modelo que se deseja construir, independente do software de simulação que se utilizará. Um modelo conceitual pode orientar a etapa de coleta de dados, de forma a definir os pontos de coleta, além de agilizar o processo de elaboração do modelo computacional. Apesar destas importantes contribuições, autores como Wang e Brooks (2007) ressaltam que de todas as atividades envolvidas em um projeto de simulação, a modelagem conceitual é provavelmente a que recebe a menor atenção e conseqüentemente a menos compreendida. A natureza do modelo conceitual é bem diferente das etapas de verificação, validação e análise dos resultados, que possuem fortes elementos matemáticos e estatísticos.

A modelagem conceitual exige do modelador a seleção prévia de uma técnica de modelagem. Sobre esta questão, autores como Hernandez-Matias *et al.* (2008) afirmam que não há um único método de modelagem conceitual que possa modelar completamente um sistema complexo de manufatura. Além disto, Ryan e Heavey (2006) afirmam que poucas técnicas de modelagem de processos utilizadas no BPM (*Business Process Modeling*) fornecem o suporte necessário a um projeto de simulação.

Desta forma, este artigo tem como objetivo apresentar uma técnica de modelagem de processo que forneça suporte ao projeto de simulação. Esta técnica deverá facilitar o trabalho encontrado na fase de modelagem computacional, reduzindo o tempo gasto. Além disto, a técnica poderá ser utilizada em projetos de racionalização, uma vez que utiliza elementos lógicos de técnicas de modelagem comumente utilizadas no contexto do BPM.

A técnica de modelagem proposta ainda poderá ser utilizada na documentação de projetos de simulação. Neste caso, a técnica é utilizada após o modelo computacional, a fim de documentar a lógica utilizada, facilitando o entendimento do modelo por parte dos leitores do trabalho.

A literatura demonstrada neste artigo apresenta algumas técnicas de modelagem de processo já desenvolvidas focando projetos de simulação. Mas então por que desenvolver mais uma alternativa para a modelagem conceitual? A idéia é construir uma lógica de modelagem conceitual, focando projetos de simulação, utilizando-se técnicas de modelagem já consagradas dentro do contexto do BPM. Desta forma pretende-se diminuir a distância entre a modelagem clássica de processos e a modelagem conceitual com foco na simulação. Para tanto, duas técnicas de modelagem serão utilizadas e adaptadas nesta proposta: IDEF0 e IDEF3.

Este artigo está estruturado como segue: na seção 2, comenta-se sobre a modelagem conceitual. Na seção seguinte, apresenta-se o IDEF0 E IDEF3, e na seção 4 a proposta de uma nova forma de modelagem denominada de IDEF-SIM. Na seção 5 descrevem-se as aplicações e, finalmente na seção 6 estão as principais conclusões, seguidas da bibliografia consultada.

2. Modelagem conceitual

Pode-se observar em diagramas de projeto de simulação, como Chwif (1999), Pidd (1989), Montevechi *et al.* (2007), uma primeira modelagem a ser realizada já na fase de concepção. Dá-se a esta modelagem o nome de modelo conceitual. Na etapa de concepção, o modelo que está na mente do analista (modelo abstrato) deve ser representado de acordo com alguma técnica de representação, a fim de torná-lo um modelo conceitual, de modo que outras pessoas possam entendê-lo.

Apesar de importante, é muito comum encontrar em trabalhos de simulação uma apresentação simplificada deste modelo ou mesmo sua omissão. Os autores Chwif e Medina (2006, p.55, grifo do autor) afirmam em seu próprio trabalho que “(...) a etapa de criação do modelo conceitual é o **aspecto mais importante** de um estudo de simulação (...) embora **muitos**

livros e muitos analistas pulem esta etapa.”

Em uma *survey* apresentada no trabalho de Wang e Brooks (2007), constatou-se que a etapa de modelagem conceitual ocupa uma porcentagem de tempo maior em projetos de simulação quando realizada por praticantes mais experientes. Esta porcentagem cai significativamente quando o projeto de simulação é realizado por praticantes novatos na área.

É comum, em praticantes de simulação, certa confusão entre os conceitos de modelo conceitual e modelo computacional. Em seu trabalho, Sargent (1991) procura explicar a diferença entre o modelo conceitual e o modelo computacional. Segundo este autor, o modelo conceitual é a representação matemática, lógica ou verbal do problema, e o modelo computadorizado é o modelo conceitual implementado em um computador. O modelo conceitual é desenvolvido através de fases de análise e modelagem, e o modelo computadorizado é desenvolvido através de uma programação computacional e uma fase de implementação.

Existem várias técnicas de modelagem de processos. Kettinger, Teng e Guha (1997) listaram mais de 100 em uma *survey* realizada. Aguilar-Savén (2004) confirma que o processo de seleção da técnica ou ferramenta correta para modelagem de processos vem se tornando mais e mais complexo, não somente devido ao grande número de abordagens disponíveis, mas também devido à falta de um guia que explique e descreva os conceitos envolvidos nas diversas técnicas e ferramentas de modelagem.

Algumas técnicas de modelagem de processos foram desenvolvidas objetivando auxiliar o projeto de simulação. Duas técnicas podem ser destacadas neste contexto: o ACD (*activity cycle diagram*) e o SAD (*simulation activity diagrams*).

Para Chwif e Medina (2006), o ACD é uma forma de modelagem das interações dos objetos pertencentes a um sistema. A técnica contempla o princípio da parcimônia, ou seja, utiliza somente dois símbolos que descrevem um ciclo de vida das entidades ou de objetos do sistema: uma circunferência que representa uma fila e um retângulo, que representa uma atividade. Segundo os autores, em um ACD, as entidades alternam seu estado dentro de um ciclo, entre atividades e espera.

Já o SAD contempla uma linguagem muito próxima à simulação. Entidades, atividades, informações, recursos e lógica *booleana* são elementos desta técnica de modelagem (RYAN e HEAVEY, 2006). Como o objetivo deste artigo é apresentar uma proposta de modelagem conceitual utilizando-se técnicas já consagradas em modelagem de processos de negócios, apresenta-se a seguir duas importantes técnicas que serão utilizadas nesta pesquisa: IDEF0 e IDEF3.

3. IDEF0 e IDEF3

Segundo Aguilar-Savén (2004), a família IDEF é utilizada de acordo com diferentes aplicações. As mais importantes versões são o IDEF0, IDEF1, IDEF1X, IDEF2, IDEF3, IDEF4 e IDEF5. Porém, para a modelagem de processos de negócios, as versões mais utilizadas são o IDEF0 e o IDEF3. Maiores detalhes sobre a aplicação do IDEF podem ser encontrados no site mantido pela *Knowledge Based Systems* (www.idef.com).

O IDEF0 possui elementos gráficos e textuais combinados, e que são apresentados de forma organizada e sistemática, visando obter entendimento sobre o sistema, suporte para análises, construção da lógica para potenciais mudanças, especificação de requerimentos e visualização da integração entre atividades. Um modelo IDEF0 é composto por uma série hierárquica de diagramas que gradualmente exhibe níveis de detalhe na descrição de funções e suas interfaces com o contexto do sistema.

Os componentes da sintaxe do IDEF0 são as caixas, setas, regras e diagramas. Caixas representam funções, definidas como atividades, processos ou transformações. Setas representam dados ou objetos relacionados às funções. Regras definem como os componentes são utilizados, e os diagramas definem um formato para a descrição de modelos graficamente e verbalmente. Os dois componentes principais da modelagem são as funções e os dados/objetos que inter-relacionam estas funções.

O IDEF0 trabalha com os seguintes elementos que se relacionam com as funções:

- entradas: representadas por setas; são dados ou objetos que são transformados pela função em saídas. As setas de entradas são ligadas pelo lado esquerdo, entrando na caixa de função;
- saídas: representadas por setas; são dados ou objetos produzidos pela função. As setas de saída são ligadas pelo lado direito, saindo da caixa da função;
- mecanismos: representado por setas; são os meios pelos quais a função é executada. As setas representando mecanismos são ligadas pelo lado de baixo com a caixa da função;
- controle: representado por setas; condições requeridas para produzir a saída correta. Dados ou objetos modelados como controles podem ser transformados pela função, criando saídas. As setas de controle são ligadas à caixa de função pelo lado de cima.

Hernandez-Matias *et al.* (2008) confirmam que a flexibilidade do método reside na capacidade de permitir uma análise de sistemas complexos, onde há a necessidade do estudo de múltiplos níveis de detalhe. Analisando as diferentes abordagens IDEF, os autores concluem que o IDEF0 é a versão mais amplamente utilizada e publicada em análise na manufatura.

Aguilar-Savén (2004) destaca na técnica o fato das regras serem mais rígidas, o que facilita a modelagem e sua interpretação. Esta característica já não é encontrada em fluxogramas, por exemplo. Autores como Leal *et al.* (2007) aplicaram o IDEF0 em projetos de simulação, porém constataram que adaptações deveriam ser realizadas.

Já o IDEF3, ao contrário do IDEF0, caracteriza-se pelo fato dos eventos ou atividades serem descritos na verdadeira ordem na qual estes ocorrem, levando em consideração as precedências temporais.

Segundo Mayer *et al.* (1995), o principal símbolo do IDEF3 é a unidade de comportamento UOB (*Unit of Behavior*), representado por uma caixa. Além disso, o IDEF3 registra o aspecto temporal através de lógicas representadas nas chamadas junções.

O IDEF3 ainda apresenta-se em dois modos: descrição do fluxo do processo e descrição das transições de estado dos objetos, como mostra o trabalho de Mayer *et al.* (1995). Segundo os autores, no modo descrição do fluxo de processo, o objetivo é demonstrar como “as coisas” trabalham na organização. Já no modo descrição das transições, o objetivo é resumir as transições possíveis de um objeto ao longo do processo. No modo de descrição das transições, um objeto muda do estado A para o estado B, mediante um processo de transformação descrito na UOB

Ryan e Heavey (2006) apontam alguns pontos negativos do IDEF3, afirmando que a modelagem do controle de um sistema discreto não é representado graficamente. Esta técnica também não permite a representação gráfica dos recursos inseridos no fluxo do processo ou na rede de transição de estados dos objetos.

No caso específico da simulação, os autores afirmam que estes recursos são muito importantes na modelagem e simulação de um sistema de eventos discretos, como por exemplo as filas, não representadas nesta técnica.

4. Técnica de modelagem proposta

A técnica proposta, chamada aqui de IDEF-SIM, terá como foco o projeto de simulação, porém deverá ser compatível para outros fins, como projetos de melhoria em geral. A Tabela 1 apresenta os elementos e a simbologia utilizada. Observa-se que elementos do IDEF0 e IDEF3 foram utilizados, além de um símbolo do fluxograma. Vale destacar que o uso destes símbolos foi adaptado às necessidades encontradas em projetos de simulação.





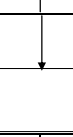




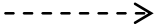
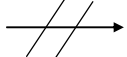


Elementos	Simbologia	Técnica de origem
Entidade		IDEF3 (modo descrição das transições)
Funções		IDEF0
Fluxo da entidade		IDEF0 e IDEF3
Recursos		IDEF0
Controles		IDEF0
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos	 &	Regra E
	 X	Regra OU
	 O	Regra E/OU
Movimentação		Fluxograma
Informação explicativa		IDEF0 e IDEF3
Fluxo de entrada no sistema modelado		
Ponto final do sistema		
Conexão com outra figura		

Tabela 1- Simbologia utilizada na técnica proposta IDEF-SIM

A seguir detalha-se a função de cada elemento apresentado:

- Entidade: são os itens a serem processados pelo sistema, representando matéria-prima, produtos, pessoas, documentos, entre outros. Elas podem ser agrupadas ou divididas ao longo do processo produtivo e são movimentadas por meios próprios ou por meio de recursos. Uma vez representada, o símbolo somente aparecerá no momento em que uma nova entidade for criada. Desta forma, torna-se claro o número de entidades a ser utilizada e em que pontos do modelo a entidade sofrerá uma transformação.
- Funções: representam os locais onde a entidade sofrerá alguma ação. Entende-se como funções: postos de trabalho, esteiras de movimentação, filas e estoques, postos de atendimento. Estas funções podem modificar uma entidade, como no caso de postos de trabalho, ou mesmo alterar o ritmo de tempo desta entidade no fluxo, como uma espera (fila, estoque).
- Fluxo da entidade: direcionamento da entidade dentro do modelo, caracterizando os momentos de entrada e saída da entidade nas funções.
- Recursos: representam elementos utilizados para movimentar as entidades e executar funções. Os recursos podem representar pessoas ou equipamentos. Em um sistema pode haver recursos estáticos ou dinâmicos. Os recursos estáticos não são dotados de movimento. Os recursos dinâmicos, por sua vez, podem se mover sobre um caminho definido.
- Controles: regras utilizadas nas funções, como seqüenciamento, regras de filas, programações, entre outros.
- Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos: estas regras são chamadas de junções, na técnica IDEF3. Dois ou mais caminhos, após uma função, podem ser

- executados juntos (junção E), ou de forma alternativa (junção OU), ou permitindo ambas as regras (junção E/OU).
- g) **Movimentação:** representa um deslocamento de entidade, no qual o modelador acredita possuir efeito importante sobre o modelo. Ao representar este elemento, espera-se encontrar no modelo computacional uma programação específica para este movimento, como tempo gasto e recurso utilizado.
 - h) **Informação explicativa:** utilizado para inserir no modelo uma explicação, com o objetivo de facilitar o entendimento do modelo.
 - i) **Fluxo de entrada no sistema modelado:** define a entrada ou criação das entidades dentro do modelo.
 - j) **Ponto final do sistema:** defini o final de um caminho dentro do fluxo modelado.
 - k) **Conexão com outra figura:** utilizado para dividir o modelo em figuras diferentes.

5. Aplicações realizadas

Para ilustrar e avaliar o uso da técnica de modelagem, duas situações foram consideradas: o uso da técnica da modelagem pós-modelo computacional, com o objetivo de documentar o modelo; e o uso pré-modelo computacional, com os objetivos clássicos de um modelo conceitual.

O primeiro caso representa um modelo computacional já elaborado, onde a técnica IDEF-SIM tem o objetivo de documentar a lógica utilizada. Para isto utilizou-se um trecho do modelo computacional apresentado em Leal (2003), representando um atendimento bancário. Neste caso, o modelo computacional foi elaborado no *software* ProModel®, como mostra a Figura 1. A Figura 2 representa a modelagem através do IDEF-SIM.

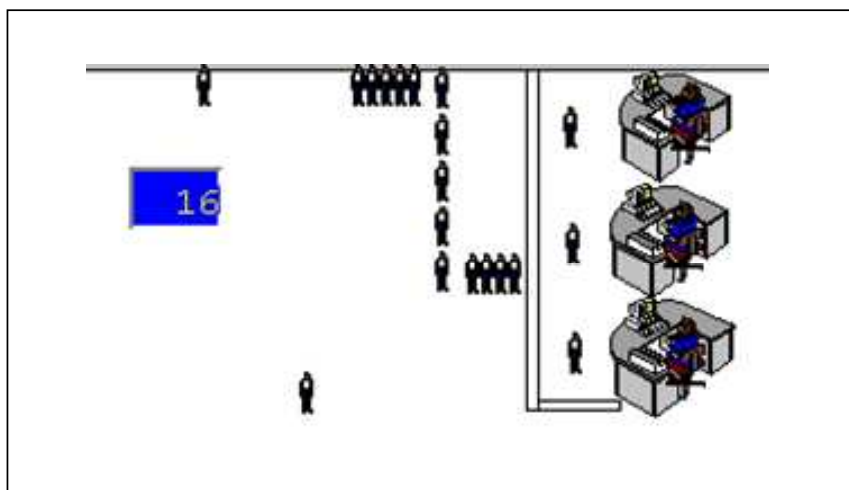


Figura 1- Modelo de atendimento bancário programado no software Promodel ®
Fonte: Leal (2003)

Este trecho de sistema representa o cliente entrando na fila, e sendo atendido por um dos três caixas disponíveis. Após o atendimento, o cliente deixa o sistema. A documentação registrada através do IDEF-SIM mostra que apenas uma entidade foi utilizada no modelo, além de quatro locais de funções: fila, caixa 01, caixa 02 e caixa 03. Sabe-se, portanto, que em cada uma destas funções existe uma programação específica no modelo, como tempo de operação ou espera. Existem ainda três recursos programados (atendente 1, 2 e 3). A operação realizada nas funções só ocorre mediante a presença destes recursos. Uma vez que estes recursos tenham turnos de trabalhos, com paradas para almoço, a função interrompe sua atuação, uma vez que está condicionada ao recurso.

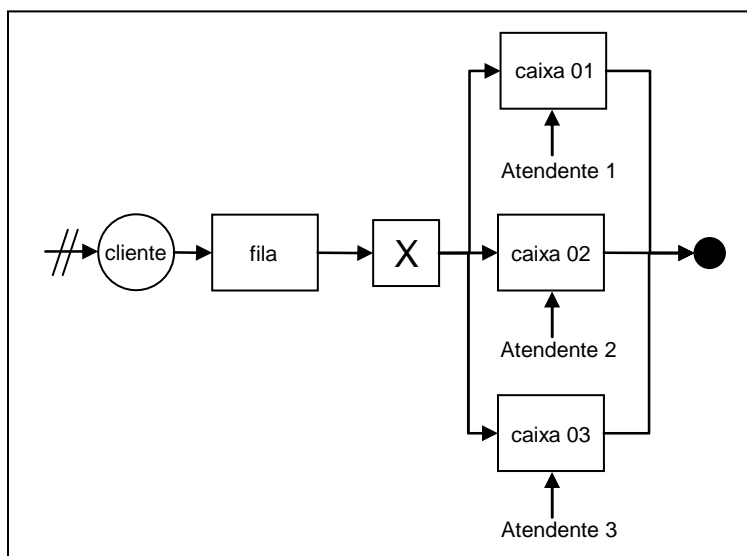


Figura 2 – Modelo computacional do atendimento bancário documentado através do IDEF-SIM

O segundo caso analisado corresponde a um projeto de simulação ainda na fase de modelagem conceitual. Este é um caso hipotético, onde se tem uma representação gráfica inicial do sistema a ser modelado, como mostra a Figura 3.

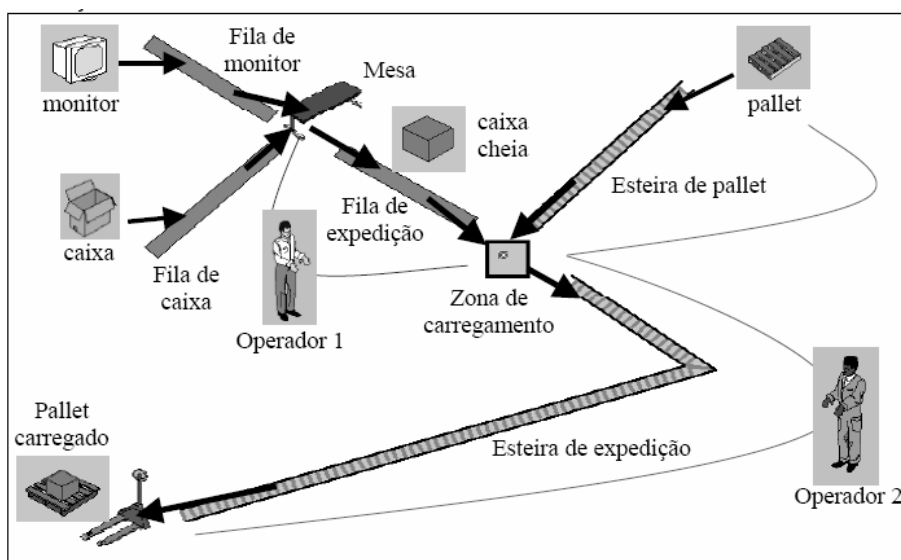


Figura 3 – Representação visual do primeiro sistema de manufatura a ser modelado

Através da técnica IDEF-SIM torna-se possível gerar um modelo conceitual com uma série de informações que irão diminuir o tempo necessário ao desenvolvimento do modelo computacional, como mostram a Figura 4 e a Tabela 2.

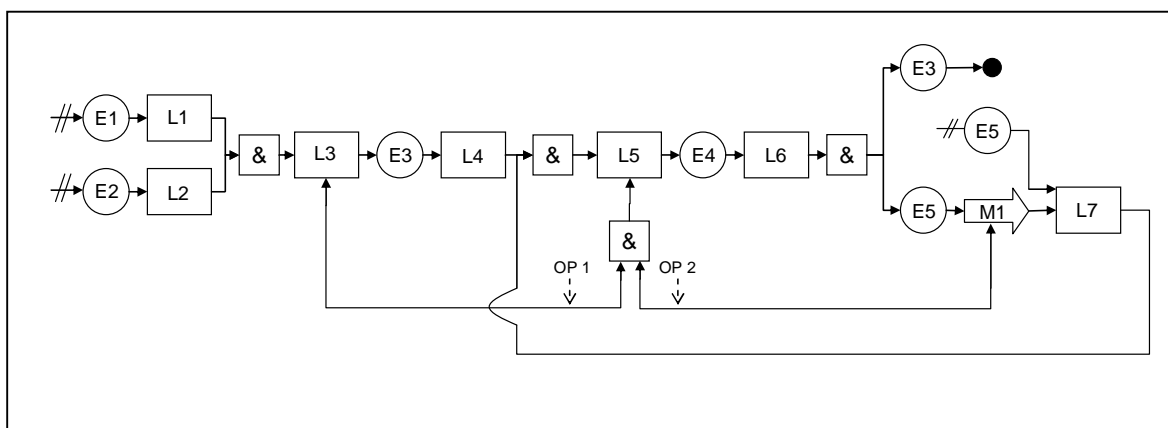


Figura 4 - Modelo conceitual do primeiro sistema de manufatura através do IDEF-SIM

ENTIDADES	NOME
E1	Monitor
E2	Caixa
E3	Caixa cheia (= E1+E2)
E4	Pallet carregado (= E3+E5)
E5	Pallet vazio

FUNÇÕES	NOME
L1	Fila de monitor
L2	Fila de caixa
L3	Mesa
L4	Fila de expedição
L5	Zona de carregamento
L6	Esteira de expedição
L7	Esteira de pallet

Tabela 2 – Entidades e funções presentes na Figura 4

Podem-se perceber, na Figura 4, que as entidades E1 (monitor) e E2 (caixa) são entradas do sistema, sendo por isto destacadas com uma seta duplamente riscada. Estas entidades, após passarem pelas suas respectivas filas (L1 e L2), serão trabalhadas em L3 (mesa). A existência da junção “&” antes da função L3 justifica-se pelo fato da função L3 não ser executada caso uma das entidades não esteja à disposição. Uma vez que L3 é executado, a entidade assume a forma de E3 (caixa cheia). A caixa cheia passa pela fila de expedição (L4), e segue à zona de carregamento (L5). A função em L5 só é executada mediante a presença das entidades E3 e E5 (*pallet* vazio). A função L5 ainda sofre outra condicional: só é executada mediante o trabalho de dois recursos, OP 1 (operador 1) e OP 2 (operador 2).

Porém, ressalta-se que estes recursos não são dedicados, ou seja, são responsáveis por outras funções. OP 1 ainda é responsável pela função L3, enquanto OP 2 é responsável também pelo transporte da entidade E5 até à função L7 (esteira de *pallet*). O uso da junção na seta de recurso se mostrou necessária em modelos de simulação, uma vez que a modelagem de movimentos em muitos *softwares* permite a alocação de recursos para tal ação. Uma vez que este recurso esteja já alocado em outra função, o transporte deixa de ser realizado e fica em espera.

Após L5 a entidade assume a forma de E4 (*pallet* carregado), e segue à função L6 (esteira de expedição). Na esteira, a entidade se transforma em E3 e E5, sendo E3 enviado ao final do sistema. No caso de E5, este é transportado pelo operador 2 até a função L7. Existe ainda uma entrada de E5, proveniente de fora do sistema. Os *pallets* vazios (E5) irão abastecer a função L5.

Outro exemplo é apresentado na Figura 5. A representação deste modelo em IDEF-SIM está registrada nas Figuras 6 e 7.

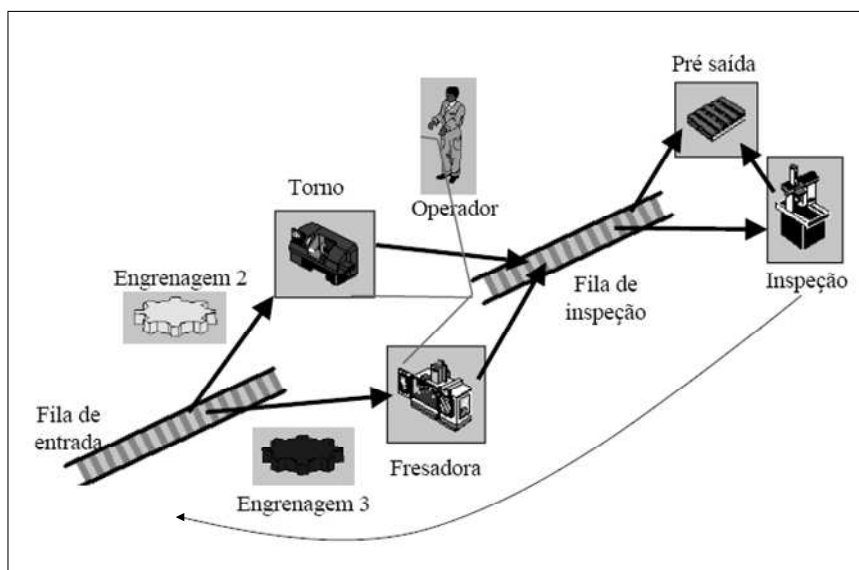


Figura 5 - Representação visual do segundo sistema de manufatura a ser modelado

Nas Figuras 5 e 6 nota-se que duas entidades entram no modelo. A entrada destas entidades (engrenagem 2 e engrenagem 3) é programada através de uma regra de seqüenciamento, como mostra a Figura 7. Estas entidades chegam a uma fila. Além destas duas entradas, nota-se uma outra, vinda do ramo B, que será explicada posteriormente.

Após a fila de espera, dois caminhos são possíveis: se a entidade for a engrenagem 2, esta segue até o torno; caso a entidade seja a engrenagem 3, esta segue até a fresa. Após o torno e a fresa, as entidades serão transportadas até o ramo A do fluxo. Nota-se que neste caso optou-se por não alterar a entidade no modelo.

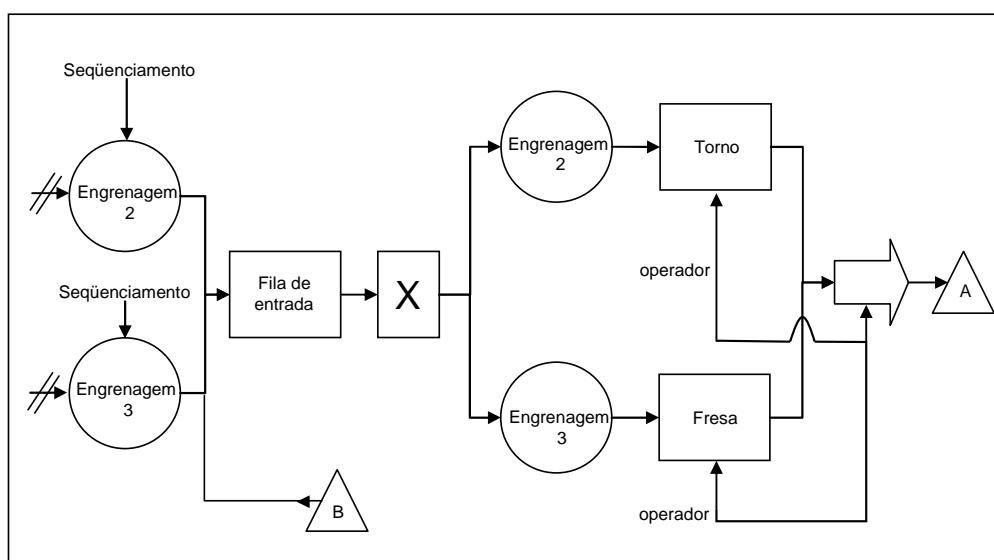


Figura 6 – Primeira parte do modelo conceitual sugerido na Figura 5

Tanto o transporte quanto as operações de torno e fresa são realizadas por um único funcionário, como mostra a Figura 6. A presença deste torna-se um condicional para a execução destas atividades no modelo.

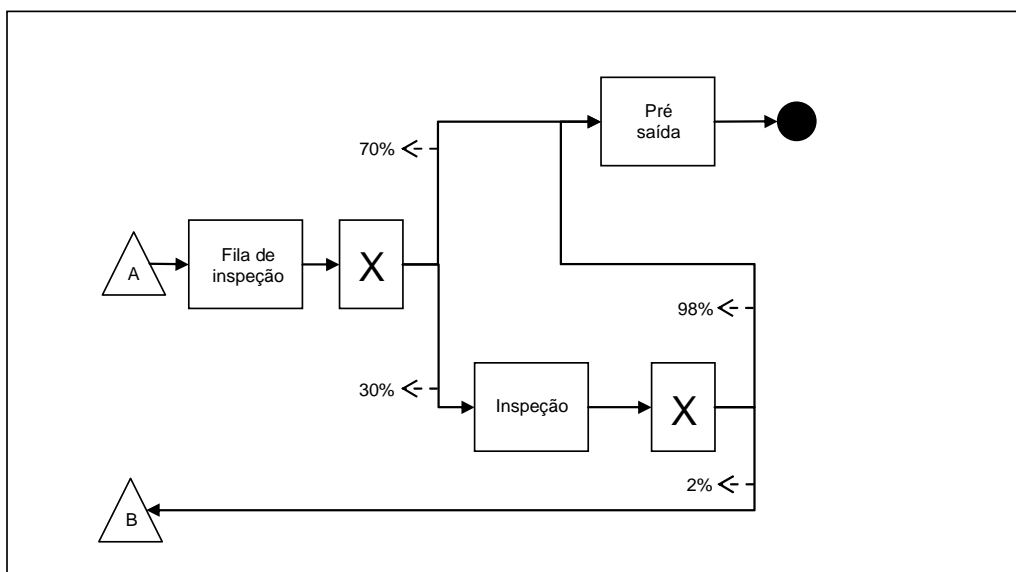


Figura 7 – Segunda parte do modelo conceitual sugerido na Figura 5

Na Figura 7 nota-se que as entidades chegam a uma fila de inspeção, onde podem seguir para um dos dois caminhos possíveis: ou seguem para a pré-saída, de onde saem do modelo; ou seguem para a inspeção. A probabilidade dos caminhos está registrado no modelo IDEF-SIM.

As engrenagens que seguem para a inspeção podem ser direcionadas para a pré-saída, no caso de passarem no teste de qualidade, ou serem enviadas ao início do processo para reparos.

A Figura 8 destaca alguns elementos lógicos utilizados no IDEF-SIM, convertidos para o modelo computacional. Para exemplificar esta conversão, utilizou-se o *software* Promodel®.

IDEF-SIM	PROGRAMAÇÃO COMPUTACIONAL

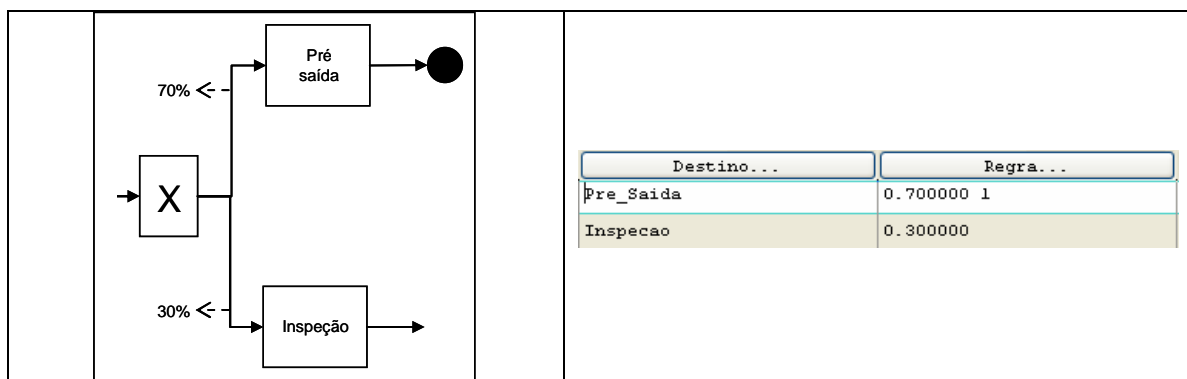


Figura 8 – Conversão do IDEF-SIM em modelo computacional, exemplificado através do *software* Promodel®

6. Conclusões

A principal contribuição desta pesquisa foi uma proposta de técnica de modelagem conceitual para projetos de simulação. Nomeada de IDEF-SIM, esta técnica utilizou-se de elementos já consagrados em outras técnicas de modelagem, como IDEF0 e IDEF3. Porém, estes elementos foram adaptados para atender às necessidades de um projeto de simulação.

Durante a aplicação, concluiu-se que a técnica pode ser utilizada em dois momentos distintos do projeto de simulação. A primeira possibilidade é a utilização na fase de modelagem conceitual, onde o modelador registra o sistema a ser simulado. O grande benefício do uso do IDEF-SIM nesta fase é a construção de um modelo conceitual com algumas características que permitirão uma redução do tempo gasto na fase de modelagem computacional. Regras envolvendo a movimentação, o uso de recursos e controles, além das transformações de entidades, possibilitam ao modelador construir um modelo conceitual mais próximo das exigências de um modelo computacional.

Outra possibilidade é utilizar o IDEF-SIM na fase de documentação do modelo. Uma vez concretizado o modelo computacional, a técnica pode ser utilizada para registrar a lógica do modelo, facilitando o trabalho de verificação e validação, além de permitir um maior entendimento por parte dos leitores do trabalho.

Independente do projeto de simulação, o modelo elaborado através desta técnica pode também ser utilizado em projetos de melhoria, através de estudos de racionalização, por exemplo. A estrutura montada a partir da combinação de elementos do IDEF0 e IDEF3 permite agrupar os pontos fortes destas duas técnicas. O entendimento torna-se facilitado uma vez que estas técnicas já são utilizadas em pesquisas na área de BPM (*Business Process Modeling*).

Vale destacar que um detalhamento exagerado do modelo conceitual pode torná-lo de difícil construção e compreensão. Outro cuidado a ser tomado é a não elaboração de uma técnica de modelagem conceitual totalmente voltada às características operacionais de um determinado *software* de simulação. Neste artigo, utilizou-se o Promodel® para exemplificar a possível conversão de um modelo conceitual em computacional. Os elementos “função”, “entidade”, “movimentação”, “recursos”, “controles” são utilizados em qualquer *software* de simulação, porém com nomes específicos. Outros elementos são mais característicos de determinados *softwares*, e por isso não foram utilizados na técnica proposta.

Agradecimentos

Agradecimentos especiais aos programas de pós-graduação da Universidade Estadual Paulista, *campus* de Guaratinguetá, e à Universidade Federal de Itajubá, pelo convênio estabelecido nesta linha de pesquisa.

Referências

Aguilar-Savén, R.S (2004), Business process modeling: review and framework, *International Journal of Production Economics*, 90, 129–149.

Brooks, R. J.; Robinson, S. *Simulation, with inventory control*, Operational research series, Basingstoke: Palgrave, 2001.

Chwif, L. *Redução de modelos de simulação de eventos discretos na sua concepção: uma abordagem causal*. 151 f. Tese (doutorado em engenharia mecânica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

Chwif, L.; Medina, A.C. *Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações*. São Paulo: ed. dos autores, 2006.

Hernandez-Matias, J.C.; Vizan, A.; Perez-Garcia, J.; Rios, J. (2008), An integrated modeling framework to support manufacturing system diagnosis for continuous improvement, *Robotics and Computer-integrated manufacturing*, 24, 2, 187-199.

Kettinger, W.J.; Teng, J.T.C.; Guha, S. (1997), Business process change: a study of methodologies, techniques, and tools, *Mis Quarterly*, 21, 1, 55–80.

Leal, F. *Um diagnóstico do processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de mapeamento do processo e simulação computacional*. 224 f. Dissertação (mestrado em engenharia de produção) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2003.

Leal, F.; Oliveira, M.L.M. de; Almeida, D.A. de; Montevechi, J.A.B; Marins, F.A.S.; Matos, A.J. de M. (2007), Elaboração de modelos conceituais em simulação computacional através de adaptações na técnica idef0: uma aplicação prática. *Atas do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Foz do Iguaçu, PR.

Mayer, R.J.; Menzel, C.P.; Painter, M.K.; Witte, P.S.; Blinn, T.; Perakath, B. Information integration for concurrent engineering (IICE) idef3 process description capture method report. *Interim technical report for period*, University Drive East College Station, Texas, 1995.

Montevechi, J.A.B.; Pinho, A.F. de; Leal, F.; Marins, F.A.S. (2007), Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry. *Atas do 2007 Winter Simulation Conference*, Washington, DC, USA.

Pidd, M. *Computer modeling for discrete simulation*, John Wiley & Sons Ltd., 1989.

Ryan, J.; Heavey, C. (2006), Process modeling for simulation, *Computers in industry*, 57, 437–450.

Sargent, R.G. (1991), Simulation model verification and validation. *Atas do 1991 Winter Simulation Conference*, Phoenix, AZ, USA.

Wang, W; Brooks, R.J. (2007), Empirical investigations of conceptual modeling and the modeling process. *Atas do 2007 Winter Simulation Conference*, Washington, DC, USA.